

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-74573

(43) 公開日 平成9年(1997)3月18日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 4 N 13/02			H 0 4 N 13/02	
G 0 2 B 27/22			G 0 2 B 27/22	
G 0 3 B 35/20			G 0 3 B 35/20	
H 0 4 N 5/225			H 0 4 N 5/225	Z
5/232			5/232	Z
審査請求 未請求 請求項の数13 O L (全 15 頁)				

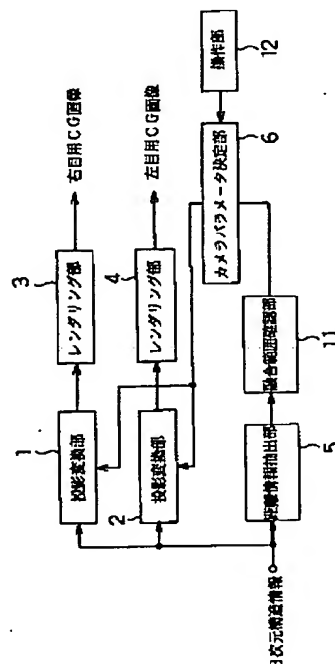
(21) 出願番号	特願平8-7209	(71) 出願人	000005821 松下電器産業株式会社 大阪府門真市大字門真1006番地
(22) 出願日	平成8年(1996)1月19日	(72) 発明者	魚森 謙也 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器 産業株式会社内
(31) 優先権主張番号	特願平7-163361	(72) 発明者	中川 雅通 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器 産業株式会社内
(32) 優先日	平7(1995)6月29日	(72) 発明者	森村 淳 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器 産業株式会社内
(33) 優先権主張国	日本 (J P)	(74) 代理人	弁理士 松田 正道

(54) 【発明の名称】 立体CG画像生成装置

(57) 【要約】

【課題】 観察者にとって自然で見やすい立体画像を生成できる立体CG画像生成装置を提供すること。

【解決手段】 物体の3次元形状を記述する3次元構造情報から、複数のカメラから見た時の複数の2次元投影画像を生成する投影変換部1、2と、物体とカメラとの距離を生成する距離情報抽出部3と、予め入力された、少なくとも物体の立体画像を表示するための立体画像表示装置のスクリーンサイズ及びそのスクリーンと観察者との視距離に基づいて、観察者の両眼融合範囲を算出する融合範囲算出手段と、その両眼融合範囲と距離情報抽出部の出力に基づいて、観察者の両眼融合範囲内に物体の全部が収まるように、カメラパラメータの条件を計算するカメラパラメータ計算手段と、そのカメラパラメータ計算手段の出力からCG制作者がカメラパラメータを決定するためのカメラパラメータ決定部6とを備え、投影変換部1、2は、その決定されたカメラパラメータを利用して、複数の2次元投影画像を生成する立体CG画像生成装置。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 物体の3次元形状を記述する3次元構造情報から、複数のカメラから見た時の複数の2次元投影画像を生成する投影変換部と、前記物体とカメラとの距離を生成する距離情報抽出部と、予め入力された、少なくとも前記物体の立体画像を表示するための立体画像表示装置のスクリーンサイズ及びそのスクリーンと観察者との視距離に基づいて、前記観察者の両眼融合範囲を算出する融合範囲算出手段と、その両眼融合範囲と前記距離情報抽出部の出力に基づいて、前記観察者の両眼融合範囲内に前記物体の全部が収まるように、前記カメラパラメータの条件を計算するカメラパラメータ計算手段と、そのカメラパラメータ計算手段の出力からCG制作者がカメラパラメータを決定するためのカメラパラメータ決定部とを備え、前記投影変換部は、その決定されたカメラパラメータを利用して、前記複数の2次元投影画像を生成することを特徴とする立体CG画像生成装置。

【請求項2】 距離情報抽出部は、前記3次元構造情報から、前記カメラと前記物体との最も遠い距離または最も近い距離を抽出することを特徴とする請求項1記載の立体CG画像生成装置。

【請求項3】 カメラと物体との前記最も遠い距離または最も近い距離は、CG制作者が好みに応じて手動で設定できることを特徴とする請求項2記載の立体CG画像生成装置。

【請求項4】 CG制作者がCG画面中の特定の領域を指定するものであって、前記距離情報抽出部は、前記特定の領域内での3次元構造情報から、前記カメラと前記物体との最も遠い距離または最も近い距離を抽出することを特徴とする請求項2記載の立体CG画像生成装置。

【請求項5】 物体の3次元形状を記述する3次元構造情報から、複数のカメラから見た時の複数の2次元投影画像を生成する投影変換部と、その投影変換部の出力からCG画像を生成するレンダリング部と、前記投影変換部又は前記レンダリング部の出力、及び前記3次元構造情報から出力画像の距離画像を生成する視差地図計算部と、予め入力された、少なくとも前記物体の立体画像を表示するための立体画像表示装置のスクリーンサイズ及びそのスクリーンと観察者との視距離に基づいて、前記観察者の両眼融合範囲を算出する融合範囲算出手段と、その両眼融合範囲と前記視差地図計算部の出力に基づいて、前記観察者の両眼融合範囲内にある立体画像中の画素数を計算する画素数計算手段と、その画素数計算手段の出力を用いて、出力画像のうち前記観察者の両眼融合可能な範囲の面積が所定値より広くなるようなカメラパラメータを決定するカメラパラメータ決定部とを備え、前記投影変換部は、前記決定されたカメラパラメータを利用して、前記複数の2次元投影画像を生成することを特徴とする立体CG画像生成装置。

【請求項6】 CG制作者が画面中の特定の領域を指定

2

するものであって、前記画素数計算手段は、前記特定の領域内での視差情報と、前記立体画像表示装置のスクリーンサイズ及びそのスクリーンと前記観察者との視距離に基づいて、前記観察者の両眼融合範囲内にあるCG画像中の画素数を計算することを特徴とする請求項5記載の立体CG画像生成装置。

【請求項7】 画素数計算手段は、前記観察者が両眼融合できる被写体の領域を検出するものであって、更に、前記画素数計算手段により検出された両眼融合できる領域外の画像部分について特定の画像処理を行う特定画像処理部を備えたことを特徴とする請求項6記載の立体CG画像生成装置。

【請求項8】 特定画像処理部は、前記両眼融合できる領域外の部分のCG画像を生成しないようにクリッピング面の位置を設定するクリッピング値決定部を有することを特徴とする請求項7記載の立体CG画像生成装置。

【請求項9】 特定画像処理部は、前記観察者の両眼融合できる限界近辺から両眼融合できない範囲に渡って、その範囲に該当する被写体画像のコントラストまたは被写体の透明度を徐々に変化させるレンダリング部を有することを特徴とする請求項7記載の立体CG画像生成装置。

【請求項10】 特定画像処理部は、前記観察者の両眼融合できる限界を越えるに従って霧の効果が強くなるように霧効果の度合を制御する霧効果パラメータ決定部を有することを特徴とする請求項7記載の立体CG画像生成装置。

【請求項11】 特定画像処理部は、前記観察者の両眼融合できる限界を越えるに従ってカメラのピンボケ状態が強くなるようにピンボケの効果の度合を制御するピンボケパラメータ決定部を有することを特徴とする請求項7記載の立体CG画像生成装置。

【請求項12】 1つまたは複数の立体CG画像をウィンドウ環境にて一度に表示する場合において、物体の3次元形状を記述する3次元構造情報から、複数のカメラから見た時の複数の2次元投影モデルを生成する投影変換部と、前記物体とカメラとの距離を生成する距離情報抽出部と、立体画像を表示している全てのウィンドウの大きさ、表示しているコンピュータ画面の映像の解像度、または同期周波数の情報を検出するウィンドウ情報管理部と、そのウィンドウ情報管理部の出力から最終的に生成される2次元投影モデルを表示する立体画像表示装置のウィンドウサイズを計算し、これと前期距離情報抽出部の出力、観察者の視距離から、観察者の両眼融合範囲内に立体CG画像を収めるためのカメラパラメータをそれぞれのウィンドウに対して計算する融合範囲確認部と、その融合範囲確認部の出力を用いて最終的にそれぞれのウィンドウに対応する立体画像のカメラパラメータを決定するカメラパラメータ決定部とを備え、前記投影変換部は、その決定されたカメラパラメータを利用し

て、前記複数の2次元投影画像を生成することを特徴とする立体CG画像生成装置。

【請求項13】カメラパラメータ決定部は、観察者が両眼視差を調整したいウィンドウを指定した時のみ、そのウィンドウに対応する立体画像のカメラパラメータのみを変更することを特徴とする請求項12記載の立体CG画像生成装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、3次元構造情報から生成した2次元画像を立体表示して立体視を可能とするための立体CG画像生成装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来の立体CG画像生成装置は、例えば図10に示すようなものがある。これは、物体の3次元形状をサーフェスモデルで記述した3次元構造情報（物体を複数の小面（ポリゴン）で近似し、各ポリゴンに含まれる頂点の3次元位置と各ポリゴンにより合成される面、稜線を定義した情報）を入力とし、これで定義された物体をワールド座標系に配置する。これを仮想的なカメラで撮像した時にフィルムに投影される物体の2次元位置を投影変換部1、2で計算し、更にレンダリング部3、4で各ポリゴン内部の画像の輝度と色（例えば、R、G、Bの値）を物体の材質や光源の種類、3次元位置により決定する。

【0003】例えば、図11(a)に示すような多面体の形状モデルは、図11(b)に示すように、頂点V1～V8の3次元座標、形状モデルのデータ構造（面、稜線の構成）で記述され、この情報で記述される物体を図12(a)に示すようなワールド座標系に配置する。この時、カメラの視点Eから見た物体のスクリーン50に投影される像（頂点）を計算する。そして、各頂点により構成される面、稜線のスクリーン上での位置・輝度・色を計算して出力画像を得る。この時、立体画像であるので、少なくとも2視点での画像を計算する必要があるが、図12(b)で示されるように、カメラのパラメータは複数のカメラの間隔2Wc、カメラCL、CRの視点位置、カメラの輻輳点Pの3次元座標、カメラの焦点距離f（または画角 θ ）を決定する必要がある。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記のような従来の立体CG画像生成装置では、複数のカメラパラメータは、視距離や画面の大きさにより変化させる必要があるにもかかわらず、生成された立体CG画像を観察しながら経験則にて、観察者が見易いと思われるように、CG制作者が調整していたため、調整が不適切で生成された立体CG画像が立体画像表示装置で表示された場合、立体CG画像の両眼視差（例えば左右画像の同じ頂点の水平位置の差を視角で表したもの）が観察者の許容範囲を越えてしまい、不自然で疲れやすい立体画像

となる場合が多いという課題がある。

【0005】本発明は、従来のこのような立体CG画像生成装置の課題を考慮し、観察者にとってどのような視距離でも、どのような大きさの画面でも自動的に自然で見やすい立体画像を生成できる立体CG画像生成装置を提供することを目的とするものである。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明は、物体の3次元形状を記述する3次元構造情報から、複数のカメラから見た時の複数の2次元投影画像を生成する投影変換部と、物体とカメラとの距離を生成する距離情報抽出部と、予め入力された、少なくとも物体の立体画像を表示するための立体画像表示装置のスクリーンサイズ及びそのスクリーンと観察者との視距離に基づいて、観察者の両眼融合範囲を算出する融合範囲算出手段と、その両眼融合範囲と距離情報抽出部の出力に基づいて、観察者の両眼融合範囲内に物体の全部が収まるように、カメラパラメータの条件を計算するカメラパラメータ計算手段と、そのカメラパラメータ計算手段の出力からCG制作者がカメラパラメータを決定するためのカメラパラメータ決定部とを備え、投影変換部は、その決定されたカメラパラメータを利用して、複数の2次元投影画像を生成する立体CG画像生成装置である。

【0007】また、本発明は、予め入力された、少なくとも物体の立体画像を表示するための立体画像表示装置のスクリーンサイズ及びそのスクリーンと観察者との視距離に基づいて、観察者の両眼融合範囲を融合範囲算出手段により算出し、カメラパラメータ計算手段が、その両眼融合範囲と距離情報抽出部により生成された物体とカメラとの距離に基づいて、観察者の両眼融合範囲内に物体の全部が収まるように、カメラパラメータの条件を計算し、CG制作者がカメラパラメータ決定部により、そのカメラパラメータ計算手段の出力からカメラパラメータを決定し、投影変換部が、その決定されたカメラパラメータを利用して、物体の3次元形状を記述する3次元構造情報から、複数のカメラから見た時の複数の2次元投影画像を生成する。

【0008】また、本発明は、1つまたは複数の立体CG画像をウィンドウ環境にて一度に表示する場合において、物体の3次元形状を記述する3次元構造情報から、複数のカメラから見た時の複数の2次元投影モデルを生成する投影変換部と、前記物体とカメラとの距離を生成する距離情報抽出部と、立体画像を表示している全てのウィンドウの大きさ、表示しているコンピュータ画面の映像の解像度、または同期周波数の情報を検出するウィンドウ情報管理部と、そのウィンドウ情報管理部の出力から最終的に生成される2次元投影モデルを表示する立体画像表示装置のウィンドウサイズを計算し、これと前期距離情報抽出部の出力、観察者の視距離から、観察者の両眼融合範囲内に立体CG画像を収めるためのカメラ

パラメータをそれぞれのウインドウに対して計算する融合範囲確認部と、その融合範囲確認部の出力を用いて最終的にそれぞれのウインドウに対応する立体画像のカメラパラメータを決定するカメラパラメータ決定部とを備え、前記投影変換部は、その決定されたカメラパラメータを利用して、前記複数の2次元投影画像を生成することを特徴とする立体CG画像生成装置である。

【0009】

【発明の実施の形態】以下に、本発明をその実施の形態を示す図面に基づいて説明する。

【0010】図1は、本発明の第1の実施の形態における立体CG画像生成装置の構成図を示すものである。図1において、1、2は投影変換部、3、4はレンダリング部であり、これらは従来の立体CG画像生成装置のものと同じものである。本実施の形態が従来の立体CG画像生成装置と異なる点は、距離情報抽出部5と融合範囲確認部11とカメラパラメータ決定部6と操作部12が追加されている点である。ここで、融合範囲確認部11は、融合範囲算出手段とカメラパラメータ計算手段とを含んでいる。

【0011】以上のように構成された本実施の形態の立体CG画像生成装置について、以下その動作を説明する。

【0012】まず、物体の3次元形状をサーフェスモデルで記述した3次元構造情報が投影変換部1、2と距離情報抽出部5に入力される。CG制作者は、レンダリング部3、4に接続された立体画像表示装置（図示省略）を見て出力画像を確認しながら、好みに合わせて被写体と仮想カメラ（左右カメラの位置の中点）をワールド座標系の適当な位置に配置し、その方向を決定する。左右のカメラ位置は、仮想カメラ位置Vを中心としてX軸方向に±Wcの位置に配置される（図2参照）。この時の*

*カメラパラメータ（カメラ間隔Wc（このカメラ間隔とは、左右のカメラ間の距離の半分を言う。以下、特にことわらない限り同様とする）、焦点距離f、輻輳点までの距離dx：図3で後述）は、初期値として予め設定されているとする。

【0013】次に、距離情報抽出部5は、被写体のうち、仮想カメラから最も近い点（近点N）、カメラから最も遠い点（遠点F）を抽出し、これのx、y座標を算出し、これらをN(XN,YN,ZN)、F(XF,YF,ZF)とする（図2参照）。この2点が両方、観察者の両眼融合範囲内に収まれば、良好な立体CG画像が得られることになる。この時、遠点・近点は、左右カメラ・仮想カメラからの距離を平均等して、総合して判定してもよい。

【0014】次に、融合範囲確認部11は、近点N・遠点Fの3次元座標値と、予め入力された立体CG画像を観察する立体画像表示装置のスクリーンの大きさM、観察者の視距離dsを基に、カメラパラメータ（カメラ間隔Wc、カメラの焦点距離f、カメラの輻輳点と仮想カメラ位置Vの距離dx）の有効範囲（観察者が両眼融合できる範囲）を計算する。観察者空間のパラメータ定義は図3に示される。

【0015】計算式は、

近点条件：

【0016】

【数1】

$$2 \cdot ds \cdot \tan \frac{D^-}{2} < -\frac{MfWc}{dx} \left\{ \textcircled{A} \right\} + 2\Delta S$$

【0017】遠点条件：

【0018】

【数2】

$$2 \cdot ds \cdot \tan \frac{D^+}{2} > -\frac{MfWc}{dx} \left\{ \textcircled{B} \right\} + 2\Delta S$$

$$\left(\text{又は } 2Wc > -\frac{MfWc}{dx} \left\{ \textcircled{B} \right\} + 2\Delta S \text{ でも可} \right)$$

ただし、

$$\textcircled{A} = \frac{\frac{dx}{Wc}(x_N + Wc) + y_N}{y_N + (x_N + Wc) \frac{Wc}{dx}} - \frac{\frac{dx}{Wc}(x_N - Wc) + y_N}{y_N - (x_N - Wc) \frac{Wc}{dx}}$$

$$\textcircled{B} = \frac{\frac{dx}{Wc}(x_F + Wc) + y_F}{y_F + (x_F + Wc) \frac{Wc}{dx}} - \frac{\frac{dx}{Wc}(x_F - Wc) + y_F}{y_F - (x_F - Wc) \frac{Wc}{dx}}$$

【0019】である。ただし、 $2 \times \Delta S$ は、立体画像表示スクリーン上における左右画像の位相差を示し、通常は $2 \times \Delta S$ は観察者の両眼間隔（60mm程度）に設定されることが多い。また、 D^- 、 D^+ は、それぞれ観察者が両眼融合できる最も近い点での両眼視差、最も遠い点での両眼視差である。また、焦点距離fとカメラの画角

θ には、一意な関係、

【0020】

【数3】

$$\tan \frac{\theta}{2} = \frac{1}{2 \cdot f}$$

【0021】があるので、どちらで定義しても良い。ま

た、 dx は、カメラの位置とカメラの向ける点の3次元位置を決定しても自動的に決定出来る。融合範囲確認部11は、これらの式を両方満足するカメラ間隔 Wc 、カメラの焦点距離 f 、カメラの輻輳点 P と仮想カメラ位置 V の距離 dx の組合せを全て計算することになる。

【0022】次に、カメラパラメータ決定部6は、融合範囲確認部11により計算されたカメラパラメータの組合せの中で、どれを採用するかを決定する。

【0023】決定方法は、例えば、

(1) CG制作者が操作部12を操作して出力画像を確認しながら、融合範囲確認部11が計算したカメラパラメータの組合せを色々試しながら選ぶ方法。

(2) CG制作者がカメラパラメータ Wc 、 f 、 dx のうちどれか1つをまず決定し、残りの2つのパラメータを操作部12を操作して、融合範囲確認部11が示すパラメータの組合せ(数1)、(数2)の式を満足する2つのパラメータの組合せの中で自由に变化させて出力画像を確認しながら決定する方法。

(3) CG制作者がカメラパラメータ Wc 、 f 、 dx のうちどれか2つをまず決定し、残りの1つのパラメータを操作部12を操作して、融合範囲確認部11が示すパラメータの範囲(数1)、(数2)の式を満足する1つのパラメータの範囲の中で自由に变化させて出力画像を確認しながら決定する方法。のうち、どれかを採用する。以下、(1)～(3)の手法例について更に詳しく説明する。

【0024】(1)の場合、まず、操作部12に配された表示部に、図5(a)に示すように、観察者が両眼融合できるパラメータ Wc 、 f 、 dx の組合せの領域(有効領域)と、現在設定している Wc 、 f 、 dx を示すポイント13が表示される。CG制作者は、3次元マウス等を用いて、このポイントの位置を設定する。この時、ポイントの位置によって Wc 、 f 、 dx の値が変化したが、有効領域以外の領域には設定できないようになっている。そして、ポイントの示す座標でのパラメータがカメラパラメータ決定部6に出力され、出力の立体CG画像が投影変換部1、2、レンダリング部3、4により計算される。これを立体画像表示装置を用いて観察し、CG制作者は好みに合わせてポイントの位置を調節する。このようにすることにより、常に観察者の両眼融合範囲内に出力の立体CG画像が収まるように制御される。

【0025】(2)、(3)の場合、操作パネル12aは、図5(b)に示すように、各パラメータを調節する3つのボリューム14、15、16と、各パラメータを固定する固定ボタン17、18、19で構成される。最初は、固定ボタンはOnされていないと仮定する。まずCG制作者は、出力の立体CG画像を観察しながら画角を考慮して、図5(b)の操作パネル12aに対して、カメラパラメータのうち焦点距離 f を f_0 に決定する。ボリューム14を f_0 に合わせ、固定ボタン17を押

す。これにより、パラメータ f は f_0 に固定される。パラメータ f が固定されると、融合範囲確認部11は残りのパラメータ Wc 、 dx のうち、(数1)、(数2)を満足する組み合わせを計算する。次にCG制作者はボリューム15、16を操作してパラメータ Wc 、 dx を色々変化させながら出力画像を確認する。この時、CG制作者が設定しようとする Wc 、 dx の値のうち、(数1)、(数2)を満足する範囲のみ操作パネル12aで Wc 、 dx を変化出来るように設定される。この時、固定ボタン18、19により、 Wc 、 dx のどちらかを固定することも可能である。この場合、出力立体CG画像を確認しながら残された一つのパラメータのみを変化させることになる。このようにすることにより、常に観察者の両眼融合範囲内に出力立体CG画像が収まるように保ちながら、パラメータをひとつずつ決定していくことが出来る。

【0026】以上の様にして決定されたカメラパラメータ Wc 、 f 、 dx を用いて投影変換部1、2は、左右のカメラで撮像した時にフィルムに投影される物体の2次元位置を計算し、更にレンダリング部3、4で各ポリゴン内部の画像の輝度と色を物体の材質や光源の種類、3次元位置により決定する。そして、最終的な左右眼用の立体CG画像を出力する。

【0027】なお、本実施の形態では、カメラは輻輳撮影を行なうことを想定したが(図2で左右カメラ7、8が点 P に向いている)、図4に示すように左右カメラを平行に設置しても良い。この場合は、融合範囲確認部11は、被写体の遠点の3次元座標値は用いる必要はなく、

【0028】

【数4】

$$Wc < -\frac{y_N - f}{Mf} (ds \cdot \tan \frac{D^-}{2} - \Delta S)$$

【0029】で示される条件を満足する Wc と f の組合せを計算するのみでよい(dx は ∞ に設定されるのと等価である)。

【0030】また、本実施の形態では、観察者が両眼融合できる範囲の制限を(数1)、(数2)で与えたが、これの中の D^- 、 D^+ もしくはこれに相当する奥行き距離をCG制作者が手動で与えても良い。

【0031】また、本実施の形態では、カメラパラメータを一つのCG画像データを元に決定したが、動画の場合にも、それぞれの時刻でのCG画像データを用いてカメラパラメータを逐次決定することも可能である。また、ある所定の期間でのカメラパラメータのシーケンスを求めておき、これを記憶しておいて、同じ変化を有する立体カメラパラメータを用いて何度も同じシーンを再生することも可能である。

【0032】以上の様に、本実施の形態によれば、カメ

ラと被写体の距離情報と、生成された立体CG画像の表示装置における視差の大きさを表示装置の大きさと観察距離から計算し、これが観察者の両眼融合範囲に収まるかどうかを判断することにより、適切なカメラパラメータ（焦点距離または画角、カメラ間隔、輻輳点）を決定し、見やすい立体CG画像を自動的に得ることができる。

【0033】図6は、本発明の第2の実施の形態における立体CG画像生成装置の構成図を示すものである。図6において、1、2は投影変換部、3、4はレンダリング部、6はカメラパラメータ決定部であり、これらは本発明の第1の実施の形態の立体CG画像生成装置のものと同一のものである。本実施の形態が第1の実施の形態の立体CG画像生成装置と異なる点は、図1の距離情報抽出部5と融合範囲確認部11に代えて、視差地図計算部20と画素数計算手段としての融合領域判断部A21が設けられている点である。

【0034】以上のように構成された本実施の形態の立体CG画像生成装置について、以下その動作を説明する。

【0035】本実施の形態は、カメラパラメータ W_c 、 f 、 d_x の内、少なくとも1つ、特に W_c がCG制作者により固定されており、このままでは出力される立体CG画像の全体を観察者の両眼融合範囲に収めることが出来ない場合に効果を発する。

【0036】物体の3次元形状をサーフェスモデルで記述した3次元構造情報は投影変換部1、2に入力される。第1の実施の形態と同様に、まず、CG制作者は、レンダリング部3、4に接続された立体画像表示装置（図示省略）を見て出力画像を確認しながら、好みに合わせて被写体と仮想カメラ（左右カメラの位置の中心）をワールド座標系の適当な位置に配置し、その方向を決定する。左右のカメラ位置は、仮想カメラ位置 V を中心として X 軸方向に $\pm W_c$ の位置に配置される（図2参照）。カメラパラメータ W_c 、 f 、 d_x は、予め設定された初期値が用いられる（これらの内いずれかは固定値である）。

【0037】これにより設定されたパラメータを用いて、投影変換部1、2は3次元構造情報を2次元画面に投影した画像を出力し、レンダリング部3、4にてCG画像を生成する。レンダリング部3、4の出力と3次元構造情報から、視差地図計算部20は投影変換された画像上の各点での左右画像の奥行きデータ、即ち視差地図（各画素での奥行き量を示した画像）を計算する。例えば、従来からCGに使用されているZバッファ処理の結果を用いれば、画面の各点での奥行き量を得ることが出来、これを元にして視差地図を作成することは容易に可能である。また、レンダリングを行なわない、ワイヤフレームの様な画像の場合は、投影変換部1、2と3次元構造情報から視差地図を作成することになる。

【0038】この視差地図を基に、融合領域判断部A21は、画面中で、立体CG画像観察者の両眼融合範囲（視差が $D-D+$ の間の値）に入る領域の画素数（これを有効画素数と定義する）を計算する。次に、視差地図計算部20、融合領域判断部A21は、カメラパラメータ W_c 、 f 、 d_x を順次変化させて、固定値以外の予め設定された W_c 、 f 、 d_x の変化範囲の全ての組合せについて、有効画素数を計算する。

【0039】次に、カメラパラメータ決定部6は、これまで計算されたパラメータ W_c 、 f 、 d_x の全ての組合せに対する有効画素数のうち、この最大値に対応するパラメータ W_c 、 f 、 d_x を算出する。そして、算出された W_c 、 f 、 d_x を投影変換部1、2に出力する。この場合、有効画素数の最大値ではなく、最大値に近い組合せを複数個列挙し、CG制作者がこれらの中から好みの組合せを選んで投影変換部1、2に出力してもよい。また、カメラパラメータ決定部6は、3つのパラメータのうち、どれか（複数個可能）を固定しておいて、残りのパラメータの組合せのうちで、有効画素数が最大、または、有効画素数の最大値に近い残りのパラメータの組合せを列挙し、CG制作者が好みの組合せを決定してもよい。

【0040】そして、投影変換部1、2及びレンダリング部3、4は、これらのパラメータを用いて最終的な立体CG画像を算出する。このようにすることによって、観察者の両眼融合範囲内に画像が最も多く入るようにカメラパラメータを自動的に決定することができる。有効画素数の最大値が複数存在する場合は、それぞれの場合のパラメータでの立体CG画像を生成し、立体CG制作者がこれを立体画像表示装置で観察し、好みのパラメータの組合せを選ぶ。

【0041】以上の様に、本実施の形態によれば、カメラパラメータに制約条件があり、最終的な出力の立体CG画像全体が観察者の両眼融合範囲内に収まらない場合でも、両眼融合可能な画像の面積が最も広くなるように、カメラパラメータ W_c 、 f 、 d_x を自動的に決定できる。

【0042】また、上記第2の実施の形態において、視差地図から被写体の近点・遠点を算出し、これを元にして、後は前述の第1の実施の形態の手法を用いて立体カメラパラメータを決定してもよい。

【0043】図7は、本発明の第3の実施の形態における立体CG画像生成装置の構成図を示すものである。図7において、1、2は投影変換部、3、4はレンダリング部、6はカメラパラメータ決定部、20は視差地図計算部であり、これらは本発明の第2の実施の形態の立体CG画像生成装置のものと同一のものである。第2の実施の形態の立体CG画像生成装置と異なる点は、融合領域判断部A21が画素数計算手段としての融合領域判断部B21'に変わり、特定画像処理部としてのクリッピン

グ値決定部22が追加されている点である。

【0044】以上のように構成された本実施の形態の立体CG画像生成装置について、以下その動作を説明する。

【0045】まず、上記第2の実施の形態と同様にして、カメラパラメータ決定部6は、投影変換部1、2でのカメラパラメータ(W_c , dx , f)を決定する。概略を説明すると、まず、CG制作者は、レンダリング部3、4に接続された立体画像表示装置を見て出力画像を確認しながら、好みに合わせて被写体と仮想カメラをワ

ールド座標系の適当な位置に配置し、その方向を決定する。

【0046】これにより設定されたパラメータを用いて、投影変換部1、2は3次元構造情報を2次元画面に投影した画像を出力し、レンダリング部3、4にてCG画像を生成する。レンダリング部3、4の出力と3次元構造情報から、視差地図計算部20は投影変換された画像上の各点での視差地図を計算する。

【0047】この視差地図を基に、融合領域判断部B21'は、画面中で、立体CG画像観察者の両眼融合範囲に入る領域の有効画素数を計算し、視差地図計算部20、融合領域判断部B21'は、カメラパラメータ W_c , f , dx を順次変化させて有効画素数を計算する。

【0048】次に、カメラパラメータ決定部6は、これまで計算されたパラメータ W_c , f , dx の全ての組合せに対する有効画素数のうち、これの最大値に対応するパラメータ W_c , f , dx を算出する。そして、算出された W_c , f , dx を投影変換部1、2に出力する。投影変換部1、2及びレンダリング部3、4はこれらのパラメータを用いて最終的な立体CG画像を算出する。このカメラパラメータは一度決定したら固定であるとする。

【0049】ここで、物体が移動するか、左右カメラがお互いの位置関係を保ちつつ移動することを考える。カメラが被写体に向かって移動すると、被写体との距離は小さくなり、両眼視差も大きくなり、観察者の両眼範囲に入らなくなってしまう場合が発生する。遠点についても同様である。そこで、カメラパラメータは固定でクリッピングによる処理を行なう。

【0050】レンダリング部3、4において、近い被写体、遠い被写体はクリッピングをかけて表示しない、という処理を従来のCG画像では行なっていたが、本実施の形態では、図8(a)に示すように、このクリッピング位置を、レンダリング部3、4に対して両眼融合範囲内にない画像は出力されぬような値に決定する。即ち、融合領域判断部B21'によって観察者の両眼融合限界(遠い方の限界、近い方の限界の2種類が存在する)を計算する。具体的には図8(a)のワールド座標系において(数1)、(数2)を満たす点を全て算出し、これが図8(a)の斜線領域であるとする。次に、この斜線領域以外の点が最終CG画像出力に出力されないように

Nearクリッピング値 CLN 、farクリッピング値 CLF を決定する(CLN 、 CLF はそれぞれ右カメラ、左カメラのNearクリッピング面、 $CLFR$ 、 $CLFL$ はそれぞれ右カメラ、左カメラのFarクリップ面である)。それぞれのNearクリッピング面、Farクリッピング面で囲まれた領域の物体のみレンダリング部3、4から出力する。

【0051】また、前述の例では、左右カメラそれぞれについて、クリッピング面 $CLNR$ 、 $CLNL$ 、 $CLFR$ 、 $CLFL$ を設定したが、図8(b)に示すように、仮想カメラ(原点)について、Nearクリッピング面 $CLCN$ 、Farクリッピング面 $CLCF$ を決定し、これを左右カメラに共通で適用してもよい。

【0052】また、本実施の形態において、クリッピングされる領域に被写体が存在する場合には、これを最終出力画像に表示しないように設定したが、クリッピングされる領域に物体が近づくにつれて、徐々に物体のコントラストを下げたり、物体の色を透明にしていけば、観察者が両眼融合できない領域において、自然に物体が消失するので更に違和感が少ない立体CG画像を得ることが出来る。

【0053】以上の様に、本実施の形態によれば、カメラパラメータ固定であっても、クリッピング面を観察者の両眼融合範囲を考慮に入れて設定することにより、最終的な出力の立体CG画像を観察者の両眼融合範囲内に収めることが出来る。

【0054】図9は、本発明の第4の実施の形態における立体CG画像生成装置の構成図を示すものである。図9において、1、2は投影変換部、3、4はレンダリング部、6はカメラパラメータ決定部、20は視差地図計算部、21'は融合領域判断部Bであり、これらは前述の第3の実施の形態の立体CG画像生成装置のものと同一のものである。第3の実施の形態の立体CG画像生成装置と異なる点は、クリッピング値決定部22に代えて、ビントパラメータ決定部23及び霧効果パラメータ決定部24が設けられた点であり、被写体の両眼視差量に合わせて、これらのパラメータを制御している点である。このビントパラメータ決定部23および霧効果パラメータ決定部24が特定画像処理部を構成している。

【0055】以上のように構成された本実施の形態の立体CG画像生成装置について、以下その動作を説明する。

【0056】まず、上述の第3の実施の形態と同様にして、カメラパラメータ決定部6は、投影変換部1、2でのカメラパラメータ(W_c , dx , f)を決定する。まず、CG制作者は、レンダリング部3、4に接続された立体画像表示装置を見て出力画像を確認しながら、好みに合わせて被写体と仮想カメラをワールド座標系の適当な位置に配置し、その方向を決定する。その後、投影変換部1、2は3次元構造情報を2次元画面に投影した画像を出力し、レンダリング部3、4にてCG画像を生成

する。

【0057】次にレンダリング部3、4の出力と3次元構造情報から、視差地図計算部20は投影変換された画像上の各点での視差地図を計算する。この視差地図を基に、融合領域判断部B21'は、画面中で立体CG画像観察者の両眼融合範囲に入る領域の有効画素数を計算し、視差地図計算部20、融合領域判断部B21'は、カメラパラメータ W_c 、 f 、 dx を順次変化させて有効画素数を計算する。

【0058】次に、カメラパラメータ決定部6は、これまで計算されたパラメータ W_c 、 f 、 dx の全ての組合せに対する有効画素数のうち、これの最大値に対応するパラメータ W_c 、 f 、 dx を算出する。そして、算出された W_c 、 f 、 dx を投影変換部1、2に出力する。投影変換部1、2及びレンダリング部3、4はこれらのパラメータを用いて最終的な立体CG画像を算出する。このカメラパラメータは一度決定したら固定であるとする。

【0059】ここで、レンダリング部3、4は、最終的なCG画像を生成する際に、カメラのピントをばかした様な処理や、遠い被写体は霧のかかった状態を表現することにより遠近感を表現する場合がある。これらの、ピントをばかせる処理や霧の効果の度合を、前述の視差地図と観察者の両眼融合範囲によりピントパラメータ決定部23、霧効果パラメータ決定部24が決定する。

【0060】例えば、ピントパラメータ決定部23は、ワールド座標系において、融合領域判断部B21'により観察者が両眼融合できない領域を計算する。計算は、(数1)、(数2)、もしくはこれらのうちいずれかを満たさない3次元座標を計算することになる。これらの領域に属する物体についてレンダリングをレンダリング部3、4で行なう際は、ピントパラメータ決定部23が、出力画像がピントぼけ状態のような、不明瞭な画面になるような効果を出すようなピントパラメータを出力する。もちろん、観察者が両眼融合できる限界領域に近い領域から、この効果を徐々に強くかけていくと、更に自然にピントぼけの画像を得ることが出来る。

【0061】ピントぼけの処理については、従来のCG画像技術、例えば光線追跡により、カメラのピントぼけ状態をシミュレートしてもよいし、生成されたCG画像に空間的なフィルタリング操作(低域通過フィルタ等)を行なうという手法もある。また、ピントぼけの量に応じて物体の位置を微妙に変化させて、同じ物体を何度も同じ画像メモリに描き、エッジの部分などにボケを生じさせる方法もある。この物体の位置を変化させるのを、カメラのピントが合う焦点面からの距離に比例させればピントボケ効果が得られる(本実施の形態では、観察者の両眼融合限界からの距離に比例させればよい)。このようにすることにより、観察者が両眼融合できない物体については、ピントぼけの効果を付することにより両眼融合ができない状態での違和感を低減することが出来

る。

【0062】また、霧効果パラメータ決定部24は、前述と同様にして、ワールド座標系において融合領域判断部B21'により観察者が両眼融合できない領域(特に、遠点条件(数2)が成立しない領域)を計算する。この領域での物体のレンダリング処理において、霧効果パラメータ決定部24は、大気中に霧がかかったような効果をレンダリング部3、4で与えるように霧効果パラメータを制御する。もちろん、観察者が両眼融合できる限界領域に近い領域から、この霧を徐々に濃く付加するように設定すれば、更に自然に遠い領域が霧に隠れているような状況のCG画面を生成することが出来る。このように、遠い物体の両眼視差が大き過ぎて両眼融合不可能な場合に、霧の効果を付加することにより、両眼融合不可能なことによる観察者の違和感を低減することができる。

【0063】レンダリング処理での霧効果の生成方法については、例えば、距離が遠くなるにしたがって、減少する霧係数 f (0.0~1.0)を考える。 f が1で霧なし、0で真っ白な画像になることを示す。この効果の度合はカメラからの距離を z として

【0064】

【数5】

$$f = (far - z) / far - near$$

【0065】

【数6】

$$f = \exp(-density \times z)^n$$

【0066】などで定義できる。ここで、 far 、 $near$ は生成されるCG画像の、カメラからの最も遠い、または近い距離、 $density$ は霧の濃度である。また、レンダリングされる色は、

【0067】

【数7】

$$C = f \times C_0 + (1 - f) \times C_f$$

【0068】で計算される。ここで C_0 はレンダリングされた物体の色、 C_f は霧の色である。霧効果パラメータ決定部24は、観察者の両眼融合範囲内では $f = 1$ 、両眼融合限界に近い領域から両眼融合範囲外の領域になるに従って $f = 0$ までなめらかに変化させる。これにより、レンダリング部3、4は両眼融合範囲外で遠い被写体を霧がかかった様な画像とし、両眼融合範囲から外れたことによる違和感を低減する。

【0069】以上の様に、本実施の形態によれば、両眼融合ができない様な両眼視差の物体が表示されても、遠い物体は霧の効果、近い物体および遠い物体ではピントボケの効果を付加することにより、この悪影響を低減し、更に見やすい立体CG画像を生成することができ

る。

【0070】図13は、本発明の第5の実施の形態における立体TV装置の構成図を示すものである。図13において、1、2は投影変換部、3、4はレンダリング部、6はカメラパラメータ決定部、12は操作部、11は融合範囲確認部、5は距離情報抽出部、127はCG画像発生部であり、以上は本発明の第1の実施の形態と同じものである。第1の実施の形態と異なるのは、以下の構成であり、128はウインドウ情報管理部、129はウインドウ情報管理制御部、130はマウス状態検出部、131は表示画面大きさ・ドット数検出部、132はウインドウサイズ検出部、133はウインドウ生成・消滅検出部、134はウインドウ表示位置検出部、135はウインドウフォーカス変化検出部、136は映像信号変換部、137は立体ディスプレイ部、138はマウス、139は液晶シャッタ付き眼鏡、140は視距離測定手段である。

【0071】以上のように構成された本実施の形態の立体TV装置について、以下その動作を説明する。

【0072】本実施の形態では、複数の立体画像を最近主流のコンピュータ画面でのウインドウ環境に複数種類の立体画像を大きさの異なる複数のウインドウに表示するものである。これに対し、本発明の第1～4の実施の形態では、画像を表示する大きさは表示装置固有の大きさであった。

【0073】図13の立体ディスプレイ部137に示されるように、同一画面上にA、B、Cのウインドウが存在し、それぞれ異なる立体画像を表示しているものとする。ここで立体画像の表示方法は、既存の立体表示技術を使用することが出来る。本実施の形態では映像信号変換部136により映像信号化された立体画像が立体ディスプレイ部137に入力され、観察者は液晶シャッタ付き眼鏡を通して立体画像を観察する、いわゆる時分割方式の立体画像表示を用いている。これは、映像信号変換部により入力されるR、L映像信号はR、L、R、L...というように時間的に交互に切替えられ、これが立体ディスプレイ部137に表示され、Rの画像が表示されている時には液晶シャッタ付き眼鏡139の右目が光を透過、左目が遮断状態になり、Lの画像が表示されている時にはその逆になる。これにより、観察者の右目、左目独立にR、L画像をそれぞれ表示することが出来る。また、この例以外に、いかなる既存の立体画像表示手法（例えば、偏光式、レンチキュラレンズ式等）を用いてもよい。通常、観察者は好みに応じてマウス138を使用して、ウインドウA、B、Cの大きさを変更することが出来る。これに対応して立体画像の大きさも変化する場合、観察者の両眼融合範囲が変化するため、全てのウインドウサイズを常に監視し、これにあわせて常にカメラパラメータを決定する必要がある。即ち、観察者のマウス操作によるウインドウに関する情報をウイン

ドウ情報管理制御部129が検出し、これを融合範囲確認部11に現在表示されているウインドウ全てについてスクリーンサイズとして出力する。この動作は、ウインドウ生成・消滅検出部133により現在表示されているウインドウを管理し、その個々のウインドウサイズをウインドウ表示位置検出部134、ウインドウサイズ検出部132、表示画面大きさ・ドット数検出部131により決定する。これは、表示画面の大きさ（何インチか）と、これの縦横のドット数（もしくは同期周波数検出により換算できる）と、各ウインドウのサイズ（ドット数）から、実際に表示されているウインドウの大きさ（インチ、センチメートルなど）を計算しこれを融合範囲確認部11に出力することにより得られる。

【0074】後の処理は、本発明の第1の実施の形態と同じである。即ち、3次元構造情報から得られる距離情報を距離情報抽出部5により検出し、これを視距離測定手段140により検出される観察者とディスプレイ表面までの距離dsを用いて（数1、数2）によりカメラパラメータを計算し、これを投影変換部1、2に出力し、レンダリング部3、4により右目、左目用のR、L画像が計算される。ただし、ウインドウ情報管理部128により検出されている、立体表示されているウインドウすべてについて、この処理を行ない、全てのウインドウについて、独立にこの処理は行なわれる。

【0075】以上のようにすることにより、複数の立体画像を表示するようなウインドウ環境をもつ表示システムにおいても、個々のウインドウサイズをウインドウ情報管理部128により監視することにより、全てのウインドウに表示された立体画像を全て観察者の融合範囲内に収めるようにカメラパラメータ制御による視差の制御により、見やすく自然な画像に制御することができる。

【0076】また、本発明の第5の実施の形態において、観察者のマウス操作により指定されたウインドウのみ、前述のカメラパラメータ変更をウインドウフォーカス変化検出部135の出力を用いて行ない、観察者が注目しているウインドウに表示された立体画像のみ、両眼融合範囲内に収められた画像を表示し本発明の動作の効率化を測ることもできる。

【0077】また、本発明の第1～4の実施の形態において、観察者と表示面までの視距離を第5の実施の形態で示した視距離測定手段140で測定して用いてもよい。

【0078】以上種々述べたように、本発明によれば、カメラと被写体の距離情報と、生成された立体CG画像の表示装置における視差の大きさを表示装置の大きさと観察距離から、適切なカメラパラメータ（焦点距離または画角、カメラ間隔、輻輳点）を決定し、見やすい立体CG画像を自動的に得ることができる。

【0079】なお、本発明の第1～5の実施の形態において、2眼立体画像を用いて説明したが、これに限ら

ず、多眼立体画像においても、観察者の左右眼に入力される画像の組全てについて、同じ手法でカメラパラメータ決定を行えば、多眼立体CG画像生成も容易に行なうことが出来る。

【0080】また、本発明の第1～5の実施の形態において、生成される画面全体について観察者の両眼融合範囲内に立体CG画像が収まるようにカメラパラメータを決定したが、観察者が画面中特定の被写体のみを注視せざるを得ないようなシーンの場合等においては、それ以外の被写体の部分については両眼融合出来ないような設定にすることも考えられる。この様な場合、CG制作者が出力画面の内、観察者の両眼融合範囲内になくてもよい領域を予め設定し、この領域でのデータはカメラパラメータ決定に用いない様にすることも容易に可能である。

【0081】また、本発明の第1～5の実施の形態において、左右眼用の立体画像をCGにより得たが、これを立体カメラに置き換えて自然画撮像の場合に適用してもよい。この場合は、CG処理の式(数1、2)で扱った、複数のカメラの焦点距離 f 、カメラ間隔 W_c 、カメラと輻輳点までの距離 d_x (個々のカメラの光軸の交わる点と複数のカメラの中心点の距離)を実際のカメラにおけるパラメータに直接用いればよい。ただし、(数1、数2)における変数 M はスクリーンサイズではなく、カメラの撮像素子の受光面の大きさと実際に立体画像が表示されるスクリーンの大きさの比になる。

【0082】また、上記第4の実施の形態では、ピントパラメータ決定部23及び霧効果パラメータ決定部24の両方を設けた構成としたが、これに代えて、そのどちらか一方のみを備えた構成であってもよい。

【0083】また、上記の第1～5の実施の形態では、いずれも生成される画面全体について観察者の両眼融合範囲内に立体CG画像が収まるようにカメラパラメータを決定したが、これに限らず、CG制作者が出力画面の内、観察者の両眼融合範囲内になくてもよい領域を予め設定し、この領域でのデータはカメラパラメータ決定に用いない様にすることも容易に可能である。

【0084】また、上記の第1～5の実施の形態では、いずれも距離情報抽出部、融合範囲確認部等の各処理部を専用のハードウェアにより構成したが、これに代えて、同様の機能をコンピュータを用いてソフトウェア的に実現してもよい。

【0085】

【発明の効果】以上述べたところから明らかなように本発明は、観察者にとって自然で見やすい立体画像を生成できるという長所を有する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明における第1の実施の形態の立体CG画像生成装置の構成図である。

【図2】本発明におけるCG空間(ワールド座標系)で

の物体とカメラ位置の関係を示す図である。

【図3】本発明における観察者空間(立体画像表示装置を観察する空間の定義)を説明する図である。

【図4】本発明における立体画像平行撮像方法の説明図である。

【図5】同図(a)は、上記第1の実施の形態における操作部の表示部での表示例を説明する図、同図(b)は、その操作部の操作パネルを示す図である。

【図6】本発明における第2の実施の形態の立体CG画像生成装置の構成図である。

【図7】本発明における第3の実施の形態の立体CG画像生成装置の構成図である。

【図8】同図(a)は、上記第3の実施の形態におけるNearクリッピング、Farクリッピング(左右カメラ独立)の概念を説明する図、同図(b)は、Nearクリッピング、Farクリッピング(左右カメラ共通)の概念を説明する図である。

【図9】本発明における第4の実施の形態の立体CG画像生成装置の構成図である。

【図10】従来の立体CG画像生成装置の構成図である。

【図11】同図(a)は、3次元構造情報を説明するための形状モデル例を示す図、同図(b)は、その形状モデルのデータ構造を示す図である。

【図12】同図(a)は、ワールド座標系と投影変換を説明する図、同図(b)は、カメラパラメータを説明する図である。

【図13】本発明における第5の実施の形態の立体CG画像生成装置の構成図である。

【符号の説明】

- 1 投影変換部(右目用)
- 2 投影変換部(左目用)
- 3 レンダリング部(右目用)
- 4 レンダリング部(左目用)
- 5 距離情報抽出部
- 6 カメラパラメータ決定部

- 11 融合範囲確認部
- 12 操作部
- 13 ポインタ
- 20 視差地図計算部
- 21 融合領域判断部A
- 21' 融合領域判断部B
- 22 クリッピング値決定部
- 23 ピントパラメータ決定部
- 24 霧効果パラメータ決定部
- 127 CG画像発生部
- 128 ウィンドウ情報管理部
- 129 ウィンドウ情報管理制御部
- 130 マウス状態検出部
- 131 検出部

- * 137 立体ディスプレイ部
- 138 マウス
- 139 液晶シャッター付き眼鏡
- 140 視距離測定手段

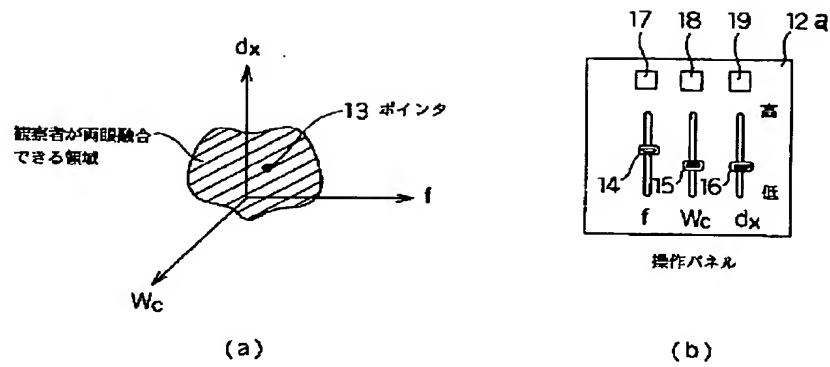
*

```

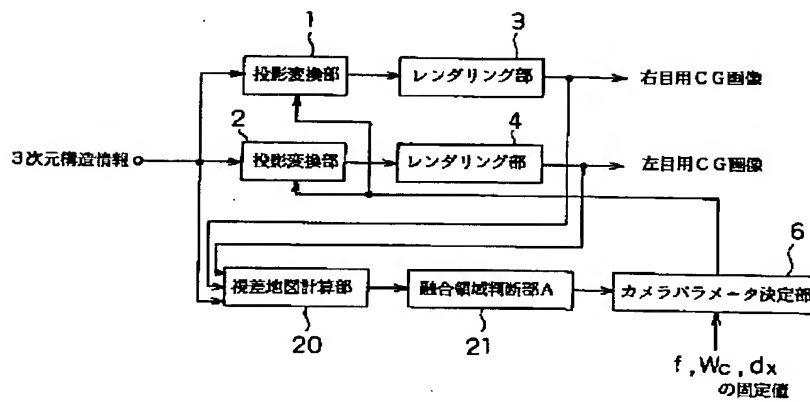
graph LR
    Input[3次元構造情報] --> 5[距離情報抽出部]
    5 --> 11[融合範囲検出部]
    11 --> 6[カメラパラメータ決定部]
    6 --> 1[投影変換部]
    6 --> 2[投影変換部]
    1 --> 3[レンダリング部]
    3 --> OutputR[右目用CG画像]
    2 --> 4[レンダリング部]
    4 --> OutputL[左目用CG画像]
    12[操作部] --> 6
  
```

Figure 1 is a schematic diagram of a 3D image display system. It shows a coordinate system with x, y, and z axes. A horizontal line represents the "10 立体画像表示スクリーン" (3D image display screen) at a distance d_s (視距離) from the origin. The origin is marked with a circle and "z". Points $-W_e$ and W_e are marked on the x-axis, with a label "観察者の右目位置" (observer's right eye position) pointing to W_e .

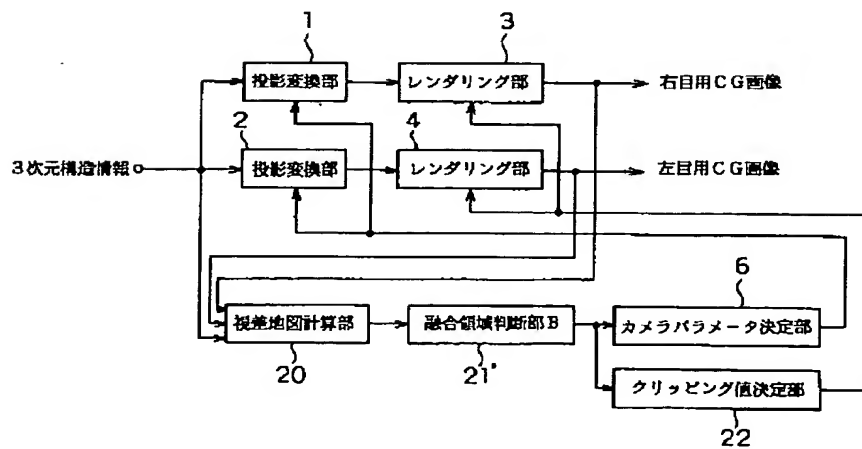
【図5】



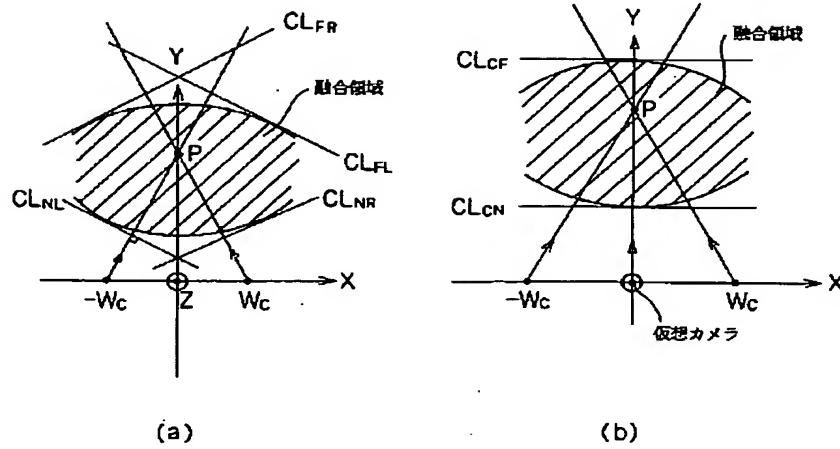
【図6】



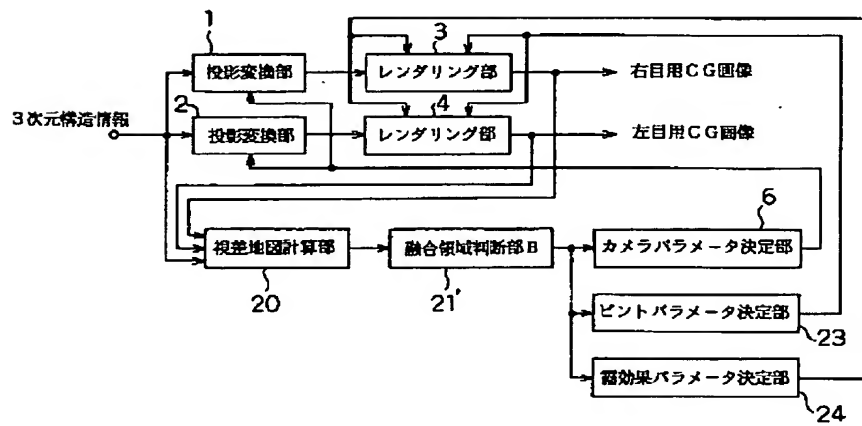
【図7】



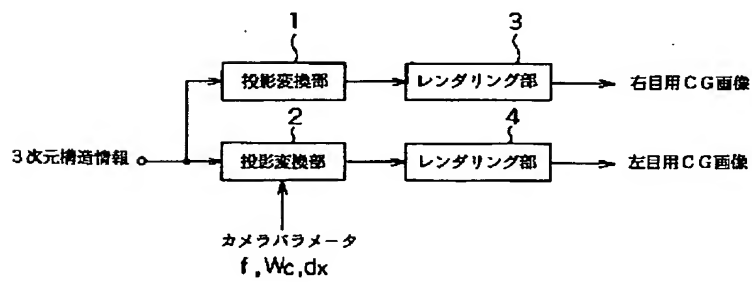
【図8】



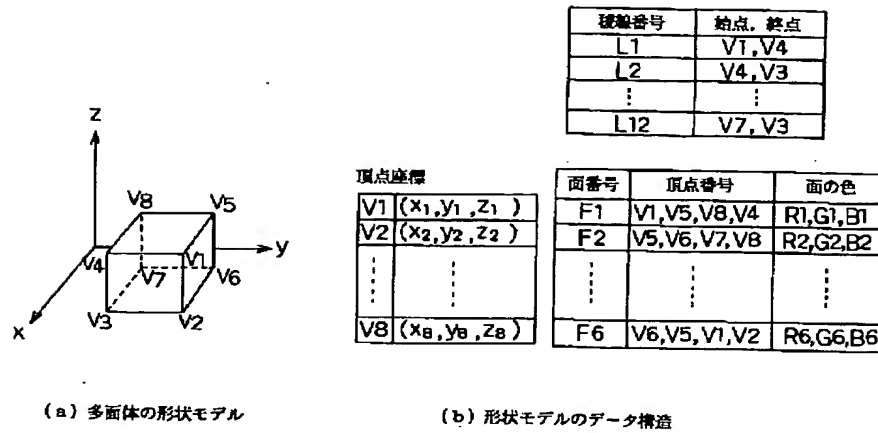
【図9】



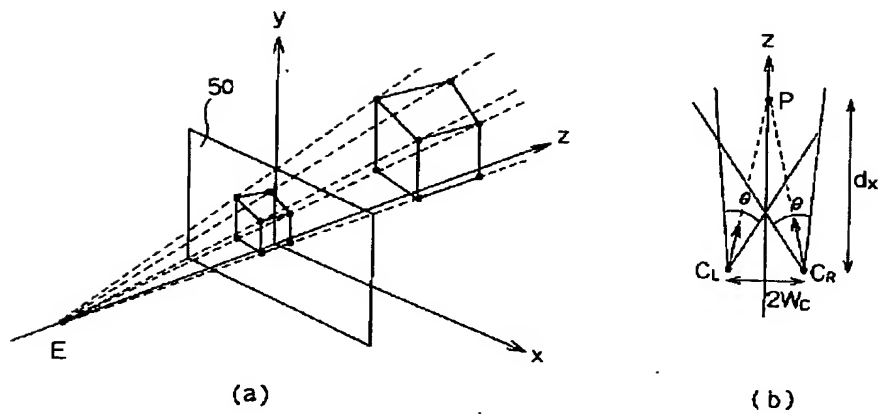
【図10】



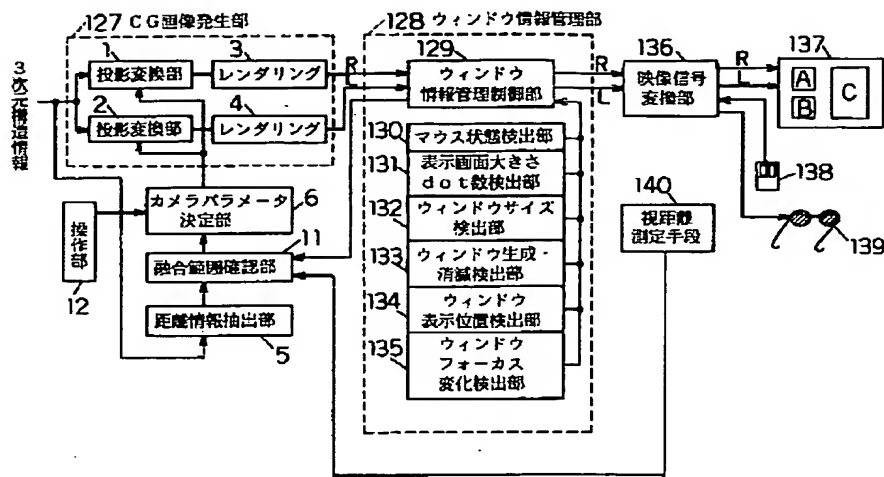
【図11】



【図12】



【図13】



THIS PAGE BLANK (USPTO)